



КАРДИОЛАБ + ВЕЛО

Пробы с физической нагрузкой

Методическое пособие по велоэргометрии

Харьков

2006

Пробы с физической нагрузкой. Методическое пособие по велоэргометрии и тредмилметрии.

Авторы: Орлова А.Ф., заведующая отделением функциональной диагностики Алтайского краевого кардиологического диспансера, главный специалист по функциональной диагностике Комитета по здравоохранению Администрации Алтайского края, Лейтес И.В., врач отделения функциональной диагностики Алтайского краевого кардиологического диспансера, Черникова И.В., врач отделения функциональной диагностики Алтайского краевого кардиологического диспансера. Барнаул, 2002 г.

В методическом пособии изложены с современных позиций принципы проведения проб с физической нагрузкой в зависимости от цели, которая определена перед проведением пробы врачом-клиницистом. Указаны оснащение, необходимое для кабинетов нагрузочных проб, мероприятия по обеспечению безопасности больного, возможные осложнения и диагностическое значение проб в выявлении ишемической болезни сердца. В приложениях к пособию представлены типовые протокол велоэргометрии и тредмилметрии, характерные изменения ЭКГ при физической нагрузке, акт экспертной оценки велоэргометрического исследования, рекомендуемый для оценки качества проб с физической нагрузкой. Предназначено для врачей функциональной диагностики, кардиологов, терапевтов, врачей-экспертов, курсантов ФУВ.

Материалы, изложенные в пособии, в силу подобию методик и технологий, применяемых в лечебных учреждениях стран СНГ, могут быть очень полезными при проведении велоэргометрических исследований с использованием кардиографической системы КАРДИОЛАБ.

Пробы с физической нагрузкой

Данные электрокардиографического обследования, проведенного в состоянии покоя, не полностью отражают функциональное состояние и резервные возможности организма, поскольку патология органа или его функциональная недостаточность отчетливее проявляются в условиях нагрузки. Велоэргометрия (ВЭМ) является одной из основных нагрузочных проб в кардиологии.

Цели исследования:

1. Диагностика ишемической болезни сердца (ИБС) с выявлением ишемических изменений ЭКГ и определением функционального класса стенокардии напряжения по величине двойного произведения у лиц с типичным стенокардитическим или атипичным болевым синдромом, провоцируемым физической нагрузкой.
2. Определение толерантности к физической нагрузке у здоровых лиц, спортсменов, пациентов с патологией органов дыхания, либо другой экстракардиальной патологией, особенно для оценки риска оперативного лечения или оценки трудоспособности.
3. Подбор антиангинальной терапии у пациентов с достоверно подтвержденным диагнозом ИБС ("парные" ВЭМ).
4. Оценка прогноза в раннем постинфарктном периоде ("ранние" ВЭМ).
5. Провокация скрытых нарушений ритма, в том числе у лиц с имплантированным частотно-адаптивным электрокардиостимулятором; оценка эффективности антиаритмической терапии.
6. Ранняя диагностика ИБС у асимптоматичных пациентов с факторами риска (курение, артериальная гипертензия, гиперхолестеринемия и т.д.).

Толерантность к физической нагрузке, или физическая работоспособность, является суммарным показателем физиологических возможностей организма. Она значительно различается у женщин и мужчин, у молодых и людей старших возрастных групп, у лиц физического и умственного труда. Среди однородного контингента, физическая работоспособность будет варьировать в зависимости от веса и роста пациента. Чем больше вес и рост, тем выше толерантность к физической нагрузке при условии, что основной составляющей веса является мышечная масса, а не подкожно-жировая клетчатка. Кроме этих показателей на физическую работоспособность влияет функциональное состояние других систем организма (органов дыхания, системы крови, костно-мышечной системы).

В настоящее время оценка толерантности к физической нагрузке проводится у различных контингентов здоровых людей: у призывающихся в ряды Вооруженных Сил и военно-учебные заведения, спортсменов, людей различного возраста, занимающихся физическим совершенствованием. У лиц с кардиальной патологией толерантность к физической нагрузке определяется в следующих случаях:

1. При ИБС для оценки адекватности антиангинальной терапии, эффективности реабилитационных мероприятий в постинфарктном периоде, экспертизе трудоспособности.
2. При нейроциркуляторной дистонии (НЦД), миокардиодистрофиях, постмиокардитическом кардиосклерозе для объективной оценки степени снижения толерантности к физической нагрузке.
3. При приобретенных пороках сердца для контроля эффективности оперативного лечения по приросту толерантности к физической нагрузке в сравнении с дооперационными данными; для оценки эффективности операций реваскуляризации миокарда: аортокоронарного шунтирования и коронароангиопластики.
4. Для прогнозирования сердечно-сосудистых осложнений в послеоперационном периоде у лиц пожилого возраста, т.е. оценка периоперационного риска.
5. Оценка физической работоспособности кардиологических больных и лиц с микстпатологией при направлении на медико-социальную экспертную комиссию.

Виды велоэргометрии в зависимости от цели исследования.

1. Субмаксимальный или максимальный диагностический тест для подтверждения или исключения ИБС.
2. Субмаксимальный или максимальный тест на толерантность к физической нагрузке.
3. Провокационный тест, для выявления скрытых нарушений ритма.
4. Многоцелевой тест (1,2), (2, 3) с выбором приоритетной цели.

К многоцелевым тестам можно отнести "парные" и "ранние" велоэргометрии, когда в результате предыдущих обследований или перенесенного инфаркта миокарда коронарная патология не вызывает сомнений, и ее подтверждение не является приоритетной целью исследования. Правильнее в таких случаях формулировать медицинское заключение, как тест на толерантность к физической нагрузке.

По заданной мощности нагрузка может быть субмаксимальной (достигнутая ЧСС должна составлять от 75% до 90 % от максимального пульса) или максимальной, т.е. достигается максимальный для данного возраста и пола пульс. Обычно при проведении диагностической пробы, либо в случае выполнения теста для определения толерантности к физической нагрузке, выполняется субмаксимальный уровень нагрузки, т.е. величина ЧСС обычно составляет 85-90% от максимального пульса. Общепринята формула определения максимального пульса: $ЧСС_{max} = 220 - \text{возраст больного}$. По данным американской коллегии кардиологии и американской ассоциации сердца (АСС/АНА) в формулу правомерно ввести поправку: $ЧСС_{max} = 220 - \text{возраст} + 12$ ударов. R. Shepard (1969 г.) предложил следующие значения субмаксимальной ЧСС при пробах с физической нагрузкой в зависимости от пола, веса и возраста, рекомендованные в дальнейшем к применению Комитетом экспертов ВОЗ.

Возраст	Субмакс. ЧСС	Пол	50кг	60кг	70кг	80кг	90кг	100кг
20 - 29 лет	165	мужчины	110w	140w	160w	180w	210w	240w
	167	женщины	100w	120w	140w	160w	180w	-
30- 39 лет	156	мужчины	100w	120w	150w	170w	190w	220w
	160	женщины	100w	120w	140w	160w	180w	-
40 - 49 лет	152	мужчины	90w	110w	130w	150w	170w	210w
	154	женщины	80w	100w	120w	140w	160w	-
50 - 59 лет	145	мужчины	70w	90w	100w	120w	140w	150w
	145	женщины	60w	80w	90w	100w	120w	-

Г.М. Яковлев предложил другую формулу для расчета субмаксимального пульса:

$$\text{ЧСС}_{\text{должная}} = \text{ЧСС}_{\text{исходная}} + K \times (215 - \text{ЧСС}_{\text{исходная}} - \text{возраст}),$$

где «К» - коэффициент:

- для больных с постинфарктным кардиосклерозом он равен 0,5;
- для больных со стенокардией 0,7;
- для здоровых - 0,8;
- для спортсменов - 0,9.

Типы нагрузок.

В зависимости от цели и контингента обследуемых лиц применяют различные типы нагрузок. Проба может проводиться в режиме ступенчатого возрастания нагрузки с перерывами на отдых после каждой ступени, либо с возрастанием нагрузки, но без перерывов на отдых (ступенчатая, непрерывно возрастающая) практической кардиологии общепринятой является ступенчатая непрерывно возрастающая проба с длительностью каждой ступени 3 минуты.

Показания и противопоказания.

Показания:

1. Наличие клинических признаков стенокардии, для объективного подтверждения функционального класса стенокардии.
2. Наличие "факторов риска" ИБС у асимптоматичных лиц без болевого синдрома или с атипичным болевым синдромом.
3. Наличие неспецифических изменений ST-T по ЭКГ у лиц без болевого синдрома, сохраняющихся после проведения пробы с гипервентиляцией, с калием, обзиданом или калий-обзидановой.
4. Подбор антиангинальной терапии у лиц с документированным диагнозом ИБС ("парные" ВЭМ).
5. Оценка прогноза в раннем постинфарктном периоде ("ранние" ВЭМ).

6. Контроль реабилитационных мероприятий в постинфарктном периоде по динамике толерантности к физической нагрузке на стационарном, санаторном и амбулаторном этапах реабилитации.
7. Оценка эффективности операций реваскуляризации миокарда (балонная ангиопластика, аорто-коронарное, мамаро-коронарное шунтирование).
8. Оценка толерантности к физической нагрузке у лиц с некоронарной кардиальной патологией (миокардиодистрофии, постмиокардитический кардиосклероз, пороки сердца, НЦД, гипертоническая болезнь до и после лечения).
9. Оценка толерантности к физической нагрузке у лиц с экстракардиальной патологией для изучения функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы при направлении на оперативное лечение или с целью экспертизы трудоспособности.

Абсолютные противопоказания.

1. Острый инфаркт миокарда в первые 2 недели течения.
2. Впервые возникшая стенокардия с типичной ангинозной болью, сопровождающейся локальной ишемической депрессией ST и / или локальными отрицательными T глубиной ≥ 1 мм. не менее, чем в двух последовательных отведениях.
3. Нестабильная стенокардия, в том числе прогрессирующая и вариантная, с некупированным болевым синдромом.
4. Серьезные нарушения ритма и синусовая тахикардия свыше 100 ударов в минуту.
5. Выраженная недостаточность кровообращения (ПБ и III).
6. Острый перикардит.
7. Острый и подострый септический эндокардит.
8. Острый миокардит.
9. ТЭЛА, тромбы в полостях сердца, инфаркт легких, выраженная дыхательная недостаточность.
10. Выраженный аортальный стеноз.
11. Острые или тяжелые внесердечные заболевания (в том числе, сопровождающиеся повышением температуры тела).
12. Расслаивающая аневризма аорты.
13. Гипертоническая болезнь III стадии в течение 6 месяцев после перенесенного инсульта.

В условиях специализированного кардиологического учреждения (отделения) больным с впервые возникшей, прогрессирующей или вариантной стенокардией не ранее, чем через 72 часа от момента появления приступов и не ранее, чем через 48 часов после купирования болевого синдрома и ишемических изменений ЭКГ, проводится ВЭМ "на препаратах" с целью оценки эффективности антиангинальной терапии и определения тактики дальнейшего ведения больного. Исследование проводится по протоколу «ранней» субмаксимальной нагрузочной пробы, описанному в разделе ранние пробы при ОИМ.

Относительные противопоказания.

1. Нарушения сердечного ритма (частые экстрасистолы, частые пароксизмы или постоянная форма мерцательной аритмии, частые пароксизмы предсердных тахикардий у лиц с органическими заболеваниями сердца).
2. Умеренная артериальная гипертензия (АДс >170 мм рт.ст., АДд >130 мм рт.ст.) и легочная гипертензия с повышением систолического давления в легочной артерии ≥ 60 мм.рт.ст.
3. Некардиальные заболевания средней степени тяжести.
4. Умеренно выраженные клапанные пороки и заболевания миокарда.
5. Постинфарктная аневризма левого желудочка с фибрилляцией желудочков и клинической смертью в анамнезе.
6. Кардиомегалия.
7. Острое нарушение мозгового кровообращения (ОНМК) более чем 6-ти месячной давности, синкопальные состояния неуточненной этиологии в анамнезе.
8. Эндокринные заболевания (диабет, тиреотоксикоз, и т.д.).
9. Гипертрофическая кардиомиопатия.
10. Психоневротические расстройства.
11. Лекарственная аллергия с отеком Квинке, ухудшение в течении бронхиальной астмы, выраженные электролитные нарушения с изменениями на исходной ЭКГ.
12. Нарушение проводимости (полная атриовентрикулярная блокада, блокада ножек пучка Гиса, синдром WPW).
13. Выраженная анемия.
14. Выраженное ожирение (III-IV степени).
15. Применение некоторых препаратов (наперстянка, В-блокаторы, кордарон, преднизолон, мочегонные).
16. Болезни суставов, нервной и нервно-мышечной систем, мешающие проведению пробы.

Некоторые относительные противопоказания могут быть временными (электролитные нарушения, прием гликозидов, В-блокаторов, кордарона): по прошествии 48-72 часов и, при условии нормализации исходной ЭКГ, таким больным ВЭМ выполняется в обычном порядке. При других относительных противопоказаниях (нарушения ритма сердца, клапанные пороки сердца, заболевания миокарда, постинфарктная аневризма левого желудочка, атриовентрикулярные блокады) ВЭМ должна проводиться в условиях специализированного кардиологического учреждения (отделения) с четким определением цели исследования.

Системы отведений ЭКГ

Предложено много модифицированных отведений ЭКГ, удобных при выполнении ВЭМ. Среди них различные варианты однополюсных и двухполюсных отведений, ортогональных отведений и систем прекардиального картирования. Выбор системы отведений зависит главным образом от возможностей регистрирующего электрокардиографа и количества каналов в нем. Лучшими для проведения ВЭМ являются стресс-тест-системы или помехоустойчивые компьютеризированные 6-ти, 12-ти каналные электрокардиографы с жидкокристаллическим дисплеем или монитором компьютера, используемым для постоянного визуального контроля за ЭКГ.

В специализированных кардиологических учреждениях визуальный контроль и запись ЭКГ ведутся в обычных 12-ти отведениях. Для повышения чувствительности ВЭМ в выявлении ИБС иногда используются правые грудные - V3R-V5R отведения, либо прекардиальное картирование (ЭКГ-35). Для улучшения качества записи ЭКГ электроды с конечностей (красный, желтый, зеленый, черный) накладывают на спину. В этих случаях характеристики биопотенциалов сердца наиболее близки к классической ЭКГ. Это очень важно, так как расположение электродов влияет на наклон и амплитуду смещения сегмента ST. Приемлемым вариантом для неспециализированных учреждений, располагающих только 3-х каналным электрокардиографом, может быть использование отведений Неба, либо комбинации отведений II, aVF и V5 стандартной ЭКГ. Боковые прекардиальные отведения (V5-V6) способны выявить до 90% всех депрессий сегмента ST. Использование в дополнение к V5 отведений II, III, aVF увеличивает чувствительность еще на 10-25%. Однако, регистрация депрессии ST-сегмента изолированно в III, aVF-отведениях у больных без инфаркта миокарда в анамнезе и без подтвержденной на коронарографии ИБС, не имеет высокой диагностической значимости в отношении коронарного атеросклероза.

Меры безопасности, подготовка пациента и процедура исследования.

1. В течение ближайших 12 часов пациенту не рекомендуют совершать значительные физические усилия; предупреждают, что он не должен есть и курить в течение 2-3 часов, предшествующих пробе.
2. Одежда должна быть спортивной. Если пациент не знаком с техникой выполнения пробы на велоэргометре, обучение проводится накануне пробы.
3. Врач, проводящий пробу, обязан хорошо знать электрокардиографию, владеть методами реанимации и при необходимости квалифицированно ее провести.
4. Врач знакомится с историей болезни, уточняет характер болевого синдрома, осматривает пациента, лично исключая противопоказания для проведения исследования.
5. Уточняются медикаменты, которые получает пациент. Определение функционального класса стенокардии у больных с клиническим диагнозом ИБС проводится без коронаролитиков пролонгированного действия (сустанг, тринитролонг, нитросорбит). В случае возникновения ангинозной боли до начала теста в качестве купирующего препарата используются нитраты кратковременного действия (нитроглицерин); седативные препараты отменяются за 24 часа, б-блокаторы, сердечные гликозиды и мочегонные препараты за 48-72 часа до начала теста. Если не

ясна цель исследования, необходимость проведения теста обсуждается с лечащим врачом.

6. Рекомендуются сделать исходную ЭКГ в горизонтальном положении и сидя на велоэргометре.
7. У женщин и молодых мужчин с нейроциркуляторной дистонией показано предварительное (накануне) проведение пробы с гипервентиляцией для исключения неспецифических депрессий сегмента ST и/или инверсий зубца T, связанных с гипокапнией и респираторным алкалозом при частом дыхании, что может быть причиной ложно-положительного результата при проведении ВЭМ. В течение 30-45 секунд просят больного глубоко и часто дышать. У пациентов с вегетативными расстройствами (симпатикотоники) пульс учащается на 50-100%, часто бывает инверсия зубцов T и небольшая депрессия сегмента ST. Такая проба расценивается как положительная.
8. ВЭМ проводится в первой половине дня в хорошо проветриваемом помещении.
9. Кабинет ВЭМ оснащается оборудованием и набором медикаментов для оказания неотложной помощи и реанимации: дефибриллятор; воздуховоды; мешок Амбу; шприцы; система для в/в введения медикаментов; нитроглицерин в таблетках; адреналин, новокаинамид, верапамил, атропин, лидокаин, аденозин, анальгин, физиологический раствор.
10. Аппаратура. Возможные варианты: а) многоканальный (3-х, 6-ти, 12-ти канальный электрокардиограф с жидкокристаллическим дисплеем и малоинерционной, помехоустойчивой записью + велоэргометр б) диагностическая компьютеризированная стресс-тест-система с велоэргометром и тредмилом, либо только с велоэргометром.

Технология проведения пробы.

Тип нагрузки: ступенчатая, непрерывно возрастающая.

1. Велоэргометрия со скоростью вращения близкой к 60-ти оборотам в минуту (наиболее физиологично).
2. Продолжительность каждой ступени 3 минуты. В зависимости от цели исследования, веса, роста, физической подготовки пациента, а также вида теста (субмаксимальный, максимальный) выбирается мощность первой ступени. Она может быть равной 25, 50, 75 w с прибавлением на каждой последующей ступени по 25, 50 или 75w соответственно. При проведении диагностического теста на наличие ИБС, "классической" является мощность 1 ступени 50w с повышением каждой следующей нагрузки на 50w. У мужчин крепкого телосложения с хорошей физической подготовкой и клинической картиной стенокардии "высоких напряжений" мощность 1 ступени может быть равной 75w с таким же приростом нагрузки на последующих ступенях. Напротив, при клинической картине стенокардии напряжения III функционального класса мощность начальной ступени должна быть равна 25w, так как ожидается низкая толерантность к физической нагрузке. При проведении теста на толерантность к физической нагрузке у больных ИБС при подборе антиангинальной терапии методика остается той же - ступенчатой, непрерывно-возрастающей с

мощностью первой ступени 25 или 50 w и постепенным увеличением мощности каждые 3 минуты на 25 или 50 w

соответственно до появления критериев остановки теста или исчерпания лимита времени. Одноступенчатая ВЭМ с единственной нагрузкой средней или большой мощности в течение 3-х минут не показана больным с уже известным диагнозом ИБС даже на антиангинальных препаратах из-за опасности осложнений нарушениями ритма вплоть до фибрилляции желудочков.

3. Оптимальная общая продолжительность нагрузки 9 минут, в исключительных случаях, при высокой физической работоспособности, она может быть увеличена до 12 минут. При правильно выбранной мощности 1-й ступени к исходу 9-ой минуты достигается запланированная (субмаксимальная или максимальная ЧСС) без переутомления, которое могло бы закончиться коллапсом. Если больной достигает намеченной субмаксимальной ЧСС до истечения 3-х минут очередной ступени, пороговая мощность может быть рассчитана по формуле:

$$A = N1 + T \times \frac{(N2 - N1)}{180 \text{ сек}}$$

где **A** - пороговая мощность в ваттах, **N1** - мощность последней полностью сделанной нагрузки в ваттах, **T**- время работы незавершенной нагрузки (в секундах), **N2** - величина последней неполной нагрузки в ваттах.

На малых нагрузках стабилизация кардиореспираторной системы происходит через 1 минуту, на больших - не более чем за 2 минуты.

4. Запись ЭКГ производится непрерывно, в течение всего исследования, однако если запись "плавает" и ее трудно оценить, можно за 10 секунд до окончания этапа приостановить пробу на несколько секунд и попросить пациента задержать дыхание на выдохе для стабилизации изолинии ЭКГ.
5. Измерение АД необходимо проводить обязательно в конце каждой ступени нагрузки, не прекращая вращения педалей велоэргометра.
6. Перед пробой больному детально описывают порядок проведения пробы и предлагают сообщать обо всех изменениях состояния.
7. После пробы пациентам, выдержавшим высокие нагрузки, необходимо продолжить вращение педалей с малой мощностью в течение не менее 1 минуты. Эта мера безопасности направлена на предупреждение коллапса, который может произойти за счет резкого уменьшения венозного возврата вследствие периферической вазодилатации при прекращении работы "мышечного насоса".

Технология проведения ранней ВЭМ.

Нагрузочное тестирование является полезным для оценки прогноза и выбора лечения больных с острым инфарктом миокарда (ОИМ), а также для рекомендаций по физической активности после выписки из стационара. В последнее десятилетие кардинально изменилась терапевтическая стратегия ОИМ. Уменьшились сроки

пребывания больных в стационаре, стала широко использоваться тромболитическая терапия, В-блокаторы, ингибиторы АПФ, а также экстренная ангиопластика коронарных артерий. Около 50 % больных ОИМ не следует подвергать раннему нагрузочному тестированию, так как у них сохраняется постинфарктная стенокардия, либо имеется некорректируемая сердечная недостаточность и/или желудочковые аритмии, а также неврологические, ортопедические или сосудистые расстройства.

Ранние нагрузочные тесты рекомендуется **проводить в условиях специализированного кардиологического учреждения (отделения) с возможностями оказания реанимационного пособия.** По данным многоцентровых европейских исследований 98,6% лиц с первым инфарктом, давших при проведении ранней ВЭМ прирост систолического а/д ≥ 30 мм.рт.ст. выживают в течение года, т.е. имеют благоприятный прогноз и не нуждаются в проведении коронарографии перед выпиской из стационара.

В современной литературе нагрузочный тест при ОИМ описывается, как проводимый на 5-26 день от начала ОИМ. Нагрузочные пробы на 5-13-й день рекомендованы Американской Ассоциацией Сердца в связи с отработанной с США технологией ранней выписки больных из стационара на 5-й - 8-й день болезни. В нашей стране в учреждениях практического здравоохранения ранние тесты проводятся обычно после 2-й недели от начала ОИМ (14-й -21-й день) на фоне проводимой антиангинальной терапии.

Ранние пробы условно можно разделить на **субмаксимальные и симптом-ограниченные.** Перед проведением ранних тестов необходим ЭХОКГ-контроль размера ЛЖ, фракции выброса и исключения острой или подострой аневризмы ЛЖ.

По рекомендациям АСС/АНА при **субмаксимальном** тесте стремятся достичь 75 % от максимальной ЧСС данного пациента, но не более 140 уд/мин. для лиц моложе 40 лет и с максимальным потреблением кислорода около 7 МЕТ; для лиц старше 40 лет ЧСС не должна превышать 130 уд/мин с максимальным потреблением кислорода около 5 МЕТ. Д.М. Аронов предлагает более низкий лимит ЧСС при субмаксимальном тесте – 120 уд./мин. Продолжительность теста, даже при хорошей переносимости нагрузки, не следует увеличивать более 9-ти минут, т.е. превышать 3 ступени, если раньше не появятся какие-либо другие причины для прекращения нагрузки. Мощность 1-ой ступени 25w, 2-ой ступени 50w, 3-ей ступени – 75w.

Противопоказания для проведения раннего субмаксимального теста

1. Частые приступы постинфарктной стенокардии.
2. Рецидивирующее течение ОИМ.
3. Клиническая смерть в остром периоде ОИМ.
4. Инфаркт миокарда, осложненный в остром периоде аневризмой, кардиогенным шоком, отеком легких, тромбэндокардитом, желудочковой тахикардией, блокадами ножек пучка Гиса, полной АВ-блокадой или тромбоемболией легочной артерии.
5. Неконтролируемая артериальная гипертензия с систолическим А/Д ≥ 200 мм.рт.ст.
6. Наличие у пациента кардиостимулятора.

Критерии прекращения раннего субмаксимального теста

1. Выполнение 3-х ступеней нагрузки, даже при отсутствии ангинозного приступа, депрессии сегмента ST и недостижении ЧСС, равной 75% от максимальной. Данная ЧСС может не достигаться из-за получения пациентом б-блокаторов.
2. Ангинозный приступ без ишемических изменений ЭКГ.
3. Ишемическое смещение сегмента ST (депрессия или подъем на 1мм) без ангинозной боли
4. Снижение систолического АД при увеличении мощности нагрузки.
5. Нарушения ритма или проводимости.
6. Усталость или одышка пациента, препятствующая продолжению пробы.
7. Отказ пациента от продолжения пробы.

Оценка пациентом степени тяжести выполненной нагрузки и чувства утомления может быть проведена по модифицированной шкале Борга. Если пациент получает б-блокаторы и оценивает выполненную нагрузку по градации «4» или «5 » это является критерием остановки теста.

Градации	Оценка пациентом степени тяжести выполненной нагрузки
0	Отсутствие нагрузки
0.5	Очень, очень легкая
1	Очень легкая
2	Легкая
3	Умеренная
4	Выше умеренной
5	Высокая
6	Высокая
7	Очень высокая
8	Очень высокая
9	Очень высокая
10	Максимальная

Низкий риск

- Отсутствие смещений ST и изменений T на ЭКГ покоя
- Эпизоды локальной депрессии ST не менее чем в 2-х последовательных отведениях и/или отрицательный T во время ангинозного приступа и нормализация ЭКГ после купирования боли.
- Продолжительность ангинозной боли 5-10 мин., купируется самостоятельно после прекращения физической нагрузки или приема нитроглицерина

Умеренный риск

- Эпизоды локальной депрессии ST не менее, чем в 2-х последовательных отведениях до 0,5мм и/или отрицательный T ≥ 1 мм. во время ангинозного приступа и нормализация ЭКГ после купирования боли

- Локальная депрессия ST до 0,5мм и/или отрицательный T \geq 1мм. на ЭКГ покоя и углубление депрессии ST и отрицательного T во время ангинозного приступа
- Продолжительность ангинозной боли 5-10 мин, купируется нитроглицерином, не сопровождается нарушением гемодинамики

Высокий риск

- Увеличение продолжительности ангинозных болей > 20 мин.
- Сочетание болевого синдрома с приступом сердечной астмы
- Сочетание болевого синдрома со снижением АД систолического \geq 100 мм.рт.ст.
- Одновременное наличие на ЭКГ покоя эпизодов локального подъема и локальной депрессии ST \geq 1мм. в сочетании или без сочетания с отрицательным T \geq 1мм
- Локальный подъем ST \geq 1 мм (без изменений T)
- Увеличение локальной депрессии ST в динамике до 2мм. в 2-х
- Увеличение локальной депрессии ST в динамике >2мм и распространение на 3 отведения и более.

При одновременной регистрации на ЭКГ покоя, в том числе на фоне ангинозной боли, локального подъема и локальной депрессии ST риск возникновения ОИМ, рецидива ОИМ или смерти - 12%

Риск развития ОИМ при изолированном подъеме ST (без изменений T) - 9%, при изолированной локальной депрессии ST \geq 1мм - 10%

Увеличение локальной депрессии ST до 2мм в 2-х отведениях увеличивает риск ОИМ до 14%, в 3-х отведениях и более - до 39%.

Симптом-ограниченный тест проводится в более поздние сроки (после 3-х - 6-ти недель), когда пациент выполняет или выполнил определенные реабилитационные программы. Если тест используется для контроля толерантности к физической нагрузке на этапах реабилитации, то он проводится на фоне антиангинальной терапии. При этом функциональный класс стенокардии по двойному произведению не определяется, так как он не может быть достоверным на фоне (b-блокаторов и нитратов продленного действия, которые чаще всего получают больные, перенесшие ОИМ. Симптом-ограниченный тест показан лицам трудоспособного возраста с неосложненным "Q" или не "Q"-инфарктом, получившим адекватную терапию (системный тромболитис или ангиопластика с ускоренной положительной динамикой течения ЭКГ в остром периоде). В зависимости от глубины инфаркта, возраста, веса, уровня предшествующей физической подготовки, клинической оценки состояния больного, переносимости им реабилитационных мероприятий, выбирается мощность I ступени 25 w или 50w с последующим прибавлением на каждой ступени соответственно по 25w или 50w. Общая продолжительность теста 3 ступени по 3 мин каждая, т.е. 9 мин., если тест не будет остановлен раньше вследствие появления того или иного симптома, требующего прекращения нагрузки. При проведении симптом-ограниченных тестов конечной целью является достижение 85%-ной ЧСС от максимального пульса, если физическое состояние больного позволяет выполнить все 3 ступени. Таким образом, критерием прекращения симптом-ограниченных тестов является либо выполнение 3-х ступеней нагрузки с

достижением 85% от максимальной ЧСС, либо преждевременная остановка теста вследствие ангинозного приступа без или с ишемической депрессией сегмента ST; снижение систолического АД; нарушения ритма или проводимости; усталость, одышка или отказ пациента от продолжения пробы. Если пациент выполнил три ступени нагрузки, соответствующие его возрасту, весу, уровню физической подготовки и степени тяжести перенесенного ОИМ, это указывает на адекватность проводимой терапии и реабилитации, а также последующий хороший прогноз.

Признаки плохого прогноза на фоне низкой толерантности к физической нагрузке:

1. Депрессия или подъем сегмента ST на 1 мм и более в одном или нескольких отведениях ЭКГ без зубца Q, исключая отведения V1, aVR.
2. Продолжительность смещения сегмента ST после остановки теста до 5-6 мин.
3. Падение систолического АД на 10-30 мм рт.ст. ниже цифр предыдущей ступени.
4. Отсутствие роста систолического АД выше 110 мм рт.ст.
5. Появление желудочковой экстрасистолии высоких градаций по Лауну.

" Низкой " толерантностью считается выполнение нагрузки с пороговой мощностью (ПМ) менее 75 ватт

Симптом-ограниченный тест, выполняемый для экспертизы трудоспособности пациента, проводится на фоне отмены пролонгированных нитратов, б-блокаторов, гликозидов не менее, чем за 48 часов до исследования. Для купирования приступов стенокардии, если они возникнут за эти 48 часов, используется нитроглицерин, как нитрат короткого действия. Целью проведения теста является определение истинного функционального класса стенокардии напряжения по двойному произведению, не измененному принимаемыми препаратами.

Критерии прекращения обычных (неранних) нагрузочных проб.

Клинические:

1. Приступ загрудинной боли (нарастание интенсивности боли в течение одной минуты подтверждает ее ангинозный характер).
2. Сильная одышка или удушье, которые считаются эквивалентом ангинозного приступа.
3. Падение систолического давления на 10-20 мм.рт.ст., несмотря на увеличение мощности следующей ступени нагрузки.
4. Повышение систолического артериального давления свыше 240 мм.рт.ст. при субмаксимальном тесте, при максимальном - до 250 мм рт.ст. При обоих тестах проба прекращается, если диастолическое давление достигает 130 мм рт.ст.
5. Симптомы со стороны ЦНС (нарушение координации движений, головокружение, бледность, тошнота).
6. Признаки недостаточной периферической перфузии (интенсивные боли в икроножных мышцах).
7. Появление резкой слабости и усталости пациента.
8. Отказ пациента от продолжения пробы.
9. Достижение субмаксимальной ЧСС.

Электрокардиографические:

1. Горизонтальная, косонисходящая или корытообразная (провисающая) депрессия сегмента ST на 1мм. и более от исходного уровня. Особое диагностическое значение придается косонисходящей депрессии ST-сегмента: депрессия на 1мм должна определяться на расстоянии 0,08 сек. от точки J (точка ишемии); возникновение такого типа депрессии на последней минуте нагрузки или сразу после ее окончания и сохранение в течение 2-4-х минут восстановительного периода указывает на высокую диагностическую ценность теста в отношении ИБС.
2. Менее специфична косовосходящая депрессия ST, требующая специальных измерений: депрессия точки J на 2-2,5 мм ниже изолинии. Точкой "J" называют место перехода зубца S в сегмент ST. В последнее время используют еще один признак: уровень депрессии точки "i" (точки ишемии), отстоящей от точки "J" на 0,08 сек. при ЧСС меньше 140 уд./мин. и на 0,06 сек. при ЧСС больше 140 уд./мин. Патологической считается "медленная" депрессия. В этом случае точка J опущена на 2-2,5 мм, а точка "i" на 1 мм и более. При "быстрой" косовосходящей депрессии точка "i" удалена от точки "J" менее чем на 0,06 сек., а сама точка "i" находится на уровне изолинии или менее 1мм. ниже ее. Одновременно расстояние от начала зубца Q (или R) до места пересечения сегментом ST уровня изолинии, обозначаемое как (QX при «быстрой» депрессии меньше 50 % от длительности всего интервала QT, т.е. QX < 50% от QT. В случае "медленной" косовосходящей депрессии ST отрезок QX больше 50 % от QT. Быстрая косовосходящая депрессия ST не является признаком транзиторной ишемии миокарда и часто встречается у здоровых людей при любой синусовой тахикардии, в том числе и при выполнении проб с физической нагрузкой.
3. Подъем сегмента ST \geq 1 мм над патологическим зубцом Q, QS и при отсутствии ангинозной боли большинство исследователей связывают с дискинезией стенки левого желудочка при постинфарктной аневризме или акинезией в зоне рубца после крупноочагового инфаркта. Наблюдается у 60% больных, перенесших передний инфаркт миокарда и у 15% - задний. Пациенты с подъемом ST над зубцом Q имеют обычно более низкую фракцию выброса (ФВ), чем пациенты без подъема ST.
4. Подъем сегмента ST без зубца Q, в отличие от депрессии, довольно точно указывает локализацию и тяжелое поражение проксимальной части сосуда, чаще это ствол левой коронарной артерии или левая передняя нисходящая артерия. Например, подъем сегмента ST в отведениях V2-V4 указывает именно на ишемию передней стенки, в то время как кодируемая депрессия сегмента ST в отведениях V5-V6 не отражает конкретную область ишемии, а принципиально указывает на ее наличие. По данным АСС/АНА, подъем ST без зубца Q наблюдается у 30% пациентов. В отечественной литературе также отмечается, что подъем ST-сегмента возможен у 3 - 6,5 % больных ИБС без инфаркта в анамнезе, у 16% больных с перенесенным нижним инфарктом и у 30% - с передним инфарктом. Подъем сегмента ST характерен для вазоспастической стенокардии, может возникнуть как в ходе нагрузки, так и после ее окончания, т.е. в начале периода восстановления. По материалам АККД, подъем сегмента ST встречался у больных с нераспознанной прогрессирующей и нестабильной стенокардией.

У больных с подъемом сегмента ST желудочковые аритмии возникают много чаще, чем у пациентов с депрессией ST.

5. Сочетание ишемических смещений сегмента ST с типичной ангинозной болью или ее эквивалентом.
6. Серьезные аритмии (частые экстрасистолы - более чем 1 на 10 или 4 на 40 синусовых сокращений, спаренные, полифокусные, ранние; пароксизмальные тахикардии, трепетание и мерцание предсердий. Аритмии при проведении ВЭМ могут возникать как у больных с диагнозом ИБС, так и у больных без этого диагноза. Само по себе возникновение аритмии при физической нагрузке без ишемической депрессии ST-интервала не является подтверждением ИБС. Однако известно, что примерно у 50% больных ИБС ВЭМ-тест сопровождается желудочковой экстрасистолией, в том числе высоких градаций. Нередко после появления желудочковой экстрасистолии высоких градаций регистрируется ишемическая депрессия ST-интервала, которой не было раньше. Отличительной особенностью нарушений ритма у больных ИБС является их возникновение при небольшой частоте пульса < 130 уд./мин., либо в первые минуты восстановительного периода, когда возникшая при нагрузке ишемия миокарда еще сохраняется, а частота синусового ритма падает, что снимает подавляющее действие синусового узла на очаги эктопического автоматизма. Осложнение ВЭМ у больных с постинфарктным кардиосклерозом пароксизмом мерцательной аритмии или устойчивой желудочковой тахикардии указывает на неблагоприятный прогноз.
7. Возникновение во время пробы любых нарушений проводимости, а также усугубление степени атриовентрикулярной или внутривентрикулярной проводимости, существовавшей до начала теста.
8. Технические трудности в регистрации ЭКГ, связанные с влиянием дыхания на запись или поломкой аппаратуры.

Во время пробы могут возникать неспецифические изменения ЭКГ, такие, как инверсия зубца T, снижение или подъем зубцов R, и, инверсия и, но они не являются характерными для ишемии. Отрицательные до пробы зубцы T у некоторых больных во время пробы нормализуются без появления смещений сегмента ST. Появление отрицательных T в ходе физической нагрузки без смещений ST не является электрокардиографическим признаком ишемии. Так например, отрицательный зубец T во время холтеровского мониторирования наблюдался у 30% здоровых людей и был связан с приемом пищи, позой, физическим или эмоциональным напряжением. Анализ реакции зубца R не выявляет специфических ишемических признаков. У здоровых людей амплитуда зубца R возрастает во время субмаксимальной нагрузки и снижается при максимальной. Инверсия волны и может быть вызвана:

- гипертрофией левого желудочка
- аортальной и / или митральной регургитацией
- ишемией миокарда при стенозе левой передней нисходящей артерии, если инверсия зарегистрирована на высоте ангинозного приступа.

Оценка результатов.

Оценка смещений сегмента ST, указывающих на транзиторную ишемию миокарда, дана выше.

Оценка интенсивности болевого синдрома.

А. Типичная загрудинная боль:

1. С иррадиацией или без
2. Продолжительность
 - 2.1. Нарастала в течение 1 минуты после возникновения, отмечается знаком (+).
 - 2.2. Прекратилась самостоятельно после прекращения ВЭМ, отмечается знаком (++).
 - 2.3. Боль прошла только после приема нитроглицерина, отмечается знаком (+++).
 - 2.4. Боль купирована с помощью нитроглицерина и введения анальгетиков, отмечается знаком (++++).

Б. Атипичный болевой синдром.

В случае атипичного болевого приступа тест повторяют на следующий день, начиная не с первой, а со второй степени нагрузки. Если атипичная боль связана с ангинозным приступом, она повторится на той же мощности, что и при предыдущем исследовании.

Оценка функционального класса больных ИБС.

Оценка физической работоспособности включает в себя анализ целого ряда гемодинамических показателей. Так, Купер (Cooper, 1975) предложил рассчитывать хронотропный и инотропный резервы сердца, а Робинсон (Robinson, 1967) ввел "**индекс двойного произведения**". Формула расчета **хронотропного резерва (ХР)**:

$$\text{ХР} = \text{ЧСС последней ступени} - \text{ЧСС исходная.}$$

Нормальный **ХР** составляет 75-90 ударов в минуту, при ИБС снижается до 60-65 ударов в минуту. Темп прироста ЧСС у здоровых людей при увеличении нагрузки ниже, чем у больных ИБС. При хороших показателях хронотропного резерва у таких больных объем выполненной работы и продолжительность нагрузки снижены по сравнению со здоровыми людьми. Темп прироста ЧСС снижен у пожилых людей с синдромом слабости синусового узла.

Формула расчета **инотропного резерва**:

$$\text{ИР} = \text{АД s последней ступени} - \text{АД s исходное.}$$

В норме **ИР** составляет 70-75 мм. рт.ст. при ИБС снижается до 50-60 мм.рт.ст., резко снижен при постинфарктных аневризмах левого желудочка, до 20-30 мм.рт.ст. **ИР**

отражает состояние сократительной функции миокарда. В клинических условиях эквивалентом поглощения кислорода миокардом принято считать двойное произведение.

Формула расчета **двойного произведения (ДП), или индекса Робинсона**:

$$\text{ДП} = (\text{АД с последней ступени} \times \text{ЧСС последней ступени}): 100.$$

Результат отражается в условных единицах. У здоровых мужчин этот индекс равен 290-310 единиц, у больных ИБС снижается до 150 -278 единиц. По мнению Робинсона, каждому больному ИБС в определенный период развития болезни свойственна постоянная величина двойного произведения, при достижении которой у него развивается ангинозный приступ или одышка. Доказано, что величина двойного произведения коррелирует с величиной максимального потребления кислорода (МПК): чем больше двойное произведение, тем выше у каждого данного пациента МПК в мл./мин./кг. веса или в МЕТ-эквивалентах и, следовательно, выше физическая работоспособность.

Д.М.Аронов (1982) предложил по величине двойного произведения, достигнутого в процессе нагрузки, определять степень тяжести коронарной недостаточности с помощью четырех функциональных классов (ФК). Наиболее тяжелый ФК - четвертый, при котором физическая работоспособность у больных ИБС резко снижена, ангинозная боль и/или ишемические изменения ЭКГ возникают при минимальной мощности нагрузки или в покое. Классификация Д.М. Аронова неидентична классификации стенокардии напряжения Канадской ассоциации кардиологов, хотя там также присутствуют четыре функциональных класса. Канадская классификация основана на субъективных оценках самим пациентом болевого синдрома и связи его с интенсивностью физической нагрузки. В классификацию Д.М. Аронова заложены объективные критерии, позволяющие систематизировать состояние больных ИБС. Тем не менее, перед проведением диагностической ВЭМ у лиц с высокой вероятностью ИБС, пользуясь Канадской классификацией, врач должен предположительно определить ФК стенокардии напряжения, чтобы правильно выбрать мощность первой ступени и дальнейший протокол исследования.

Классификация стенокардии Канадского сердечно-сосудистого общества

Функциональные классы	Характеристика классов
Класс I	Привычная физическая активность не вызывает загрудинную боль. Боль провоцируется непривычно интенсивной или продолжительной нагрузкой.
Класс II	Небольшое ограничение привычной нагрузки, загрудинная боль возникает при ходьбе > 300 метров, подъеме > чем на 1 этаж (или в гору) в нормальном или быстром темпе. Ангинозный приступ может возникать после еды, на холодном ветру или морозе, во время эмоционального стресса.
Класс III	Умеренное и значительное ограничение привычной физической активности с появлением ангинозной боли при ходьбе на 150-300 метров и подъеме на 1 этаж в нормальном темпе
Класс IV	Резкое ограничение физической активности вплоть до невозможности выполнить любую физическую нагрузку без боли. Возможна ангинозная боль в покое.

Функциональные классы у больных ИБС по данным ВЭМ (Д.М. Аронов)

Функциональные классы	I	II	III	IV
Двойное произведение	≥ 278 ед.	218-277 ед.	151-217 ед.	≤ 150 ед.
Пороговая мощность	> 100 W	75-100W	50-75 W	< 50 W
МПК в МЕТ-ах	≥ 7	4, 0 - 6, 9	2,0-3,9	< 2

ДП не может использоваться для оценки функционального класса ИБС у больных с сопутствующей высокой артериальной гипертензией, т.к. величина ДП будет недостоверно высокой уже на малых мощностях нагрузки из-за высокого систолического АД. У пациентов с хронической ИБС, получающих (b-блокаторы, при проведении теста на толерантность к физической нагрузке индекс двойного произведения искусственно занижен и не может использоваться для определения ФК.

Оценка толерантности к физической нагрузке.

Велоэргометрия является наиболее простым и широко доступным способом определения физической работоспособности. Между величиной потребления кислорода и количеством выполненной работы имеется прямая корреляция, доказанная многочисленными исследованиями как в спортивной медицине, так и в кардиологии. Оба эти показателя у здоровых лиц прямо коррелируют с достигнутой ЧСС. Метод прямого измерения количества потребленного кислорода во время нагрузки - спироэргометрия требует специальной аппаратуры (газоанализаторов открытого типа с автоматическим измерением поглощения кислорода и выделения углекислого газа). Методика обременительна для пациента и персонала и в практической медицине распространения не получила. Предложены косвенные способы оценки потребления кислорода с использованием номограмм, таблиц и формул. Известны: номограмма I. Astrand, таблицы S. Fox, формулы R. Bruce, J. Detry, W. von Döbeln, В.Л. Карпмана. Как номограммы так и расчетные формулы МПК имеют определенные погрешности, связанные с недооценкой того, что вес пациента в кг. состоит не только из мышечной массы, но и из жирового слоя, который не поглощает кислород так активно, как работающие мышцы, и, следовательно, у лиц с ожирением расчетный МПК будет завышенным, а их физическая работоспособность как правило снижена и не соответствует расчетному МПК. Расхождение между расчетным МПК и МПК, определенным прямым методом составляет как минимум $\pm 10-15\%$.

Предложено несколько формул для непрямого расчета МПК при ВЭМ.

1. МПК в МЕТах для субмаксимальных тестов (из программного обеспечения стресс-тест-систем фирмы "Сименс"):

$$\text{МПК} = [90 + (3,44 \times W)] : P \text{ МЕТ,}$$

где **W** - мощность последней ступени в ваттах; **P** - вес в кг.

2. МПК в л./мин для субмаксимальных тестов по W.VON Dobelн

$$\text{МПК в л./мин} = 1,29 \times \sqrt{[N / (f - 60)]} \times e^{-0,00884 \cdot A},$$

где **N** - мощность последней ступени нагрузки в кгм/мин.; **f** - ЧСС последней ступени; **e** - основание натурального логарифма; **A** - возраст пациента. Формулу Добельна предпочтительнее использовать для лиц в возрасте старше 40 лет, у молодых пациентов погрешность в расчете МПК может достигать 35%. В формуле рассчитывается корень квадратный из **N/f - 60** и умножается на эмпирическую величину **1,29 x e^{-0,00884 A}** из нижеследующей таблицы

Возраст (годы)	Величина 1,29 x e	Возраст (годы)	Величина 1,29 x e	Возраст (годы)	Величина 1,29 x e	Возраст (годы)	Величина 1,29 x e
20	1,08	30	0,99	40	0,9	50	0,83
21	1,07	31	0,98	41	0,89	51	0,82
22	1,06	32	0,97	42	0,89	52	0,81
23	1,05	33	0,96	43	0,88	53	0,81
24	1,04	34	0,95	44	0,87	54	0,8
25	1,03	35	0,95	45	0,87	55	0,79
26	1,02	36	0,94	46	0,86	56	0,79
27	1,01	37	0,93	47	0,85	57	0,78
28	1,00	38	0,92	48	0,84	58	0,77
29	1,00	39	0,91	49	0,84	59	0,7

3. МПК для максимальных и субмаксимальных тестов в мл/мин/кг по В.Л. Карпману:

$$\text{МПК мл/мин/кг} = [(1,7 \times W \times 6) + 1240] : P,$$

где **W** - мощность последней ступени в ваттах; **P** - вес в кг. Формула не учитывает возраста пациента, который так же влияет на величину МПК: с увеличением возраста МПК снижается.

4. I. Sjostrand (1947г.) показал зависимость между МПК и наивысшей работоспособностью здорового человека и предложил тест наивысшей физической работоспособности **PWC-170** (physical working capacity), рассчитываемой при ЧСС 170уд/мин. В. Л. Карпман (1974) использовал этот тест для определения физической работоспособности у спортсменов. Методика проведения теста у спортсменов (PWC-170) или здоровых тренированных людей следующая: выполняется не менее 2-х ступеней нагрузки, чтобы достичь ЧСС 170уд/мин. Мощность 2-ой ступени в зависимости от веса, возраста и пола равна 150-250W, мощность 1-ой ступени наполовину меньше.

$$PWC - 170 = N1 + (N2 - N1) \times \frac{170 - F1}{F2 - F1}$$

где **F1** – ЧСС предпоследней ступени нагрузки; **F2** - ЧСС последней ступени; **N1** - мощность предпоследней ступени в ваттах; **N2** - мощность последней ступени в ваттах. У лиц с кардиальной патологией для определения физической работоспособности достаточно достичь на 2-ой ступени ЧСС 130 или 150 уд./мин., т.е. тест **PWC-130** или **PWC-150**. Далее в таблице показана взаимосвязь между МПК и физической работоспособностью.

Зависимость физической работоспособности от максимального потребления кислорода в мл/мин, мл/мин/кг веса и МЕТ-эквивалентах. (И. В. Аулик, 1979)

Возраст / пол		Максимальное потребление кислорода в мл./мин. *максимальное потребление кислорода в мл./ мин./ кг. **максимальное потребление кислорода в МЕТ-эквивалентах		
		Мужчины	Низкая работоспособность	Средняя работоспособность
20-29 лет	2790-3000	3100-3700	3800-4000	
	38,0 -43,0*	44,0 -51,0*	52,0 -57,0	
	10,8 -12,2 **	12,5-14,5**	14,8-16,2**	
30-39	2500-2790	2800-3390	2800-3390	
	34,0 -39,0*	40,0 -47,0*	40,0 -47,0*	
	9,7 -11,1**	11,4-13,4**	11,4-13,4**	
40-49	2200-2490	2500-3090	3100-3400	
	30,0 -35,0*	36,0 -43,0*	44,0 -48,0*	
	8,5-10,0**	10,3-12,3**	12,6-13,7**	
50-59	1900-2190	2200-2790	2800-3100	
	25,0 -31,0*	32,0 -39,0*	40,0 -44,0	
	7,1 - 8,8**	9,14-11,1**	11,4-12,6**	
60-69	1600-1890	1900-2490	2500-2800	
	21,0-26,0*	27,0 -35,0	36,0 -40,0*	
	6,0- 7,4**	7,7-10,0**	10,3-11,4**	

Женщины			
20-29 лет	1700-1990	2000-2490	2500-2800
	28,0 -34,0*	35,0 -43,0*	44,0 -49,0*
	8,0- 9,7**	10,0-12,3**	12,6 -14,0**
30-39	1600-1890	1900-2390	2400-2700
	27,0 -33,0*	34,0 -41,0*	42,0 -48,0*
	7,7- 9,4**	9,7-11,7**	12,0-13,7**
40-49	1500-1790	1800-2290	2300-2600
	25,0-31,0*	32,0 -40,0*	41,0-46,0*
	7,1 - 8,8*	9,1-11,4**	11,7-13,1**
50-65	1300-1590	1600-2090	2100-2400
	21,0 -28,0*	29,0 -36,0*	37,0 -42,0*
	6,0- 8,0**	8,3 -10,3**	10,6-12,0**

Таким образом, зная, что ЧСС прямо коррелирует с количеством потребленного кислорода и физической работоспособностью, по величине ЧСС, достигнутой мощности при выполнении теста, фактическому МПК и сравнению его с должным МПК можно судить о толерантности к физической нагрузке, т.е. о физической работоспособности пациента. Однако механически экстраполировать величину МПК здоровых людей на кардиологических больных некорректно, т.к. их физическая работоспособность всегда снижена и линейная зависимость между увеличением ЧСС и увеличением потребления кислорода нарушается уже при нагрузках средней мощности у больных ИБС и пороками сердца. Физическая работоспособность может рассчитываться в единицах мощности (ваттах, кгм/мин) или по величине сделанной работы (кгм, килоджоули). Кроме того, об уровне физической работоспособности судят по продолжительности стандартного теста.

Нормальная продолжительность субмаксимального теста до достижения намеченной ЧСС - 9 минут, максимального 9-12 минут. Физическая работоспособность зависит от пола, возраста, роста, веса и физической тренированности пациента. Если обычный, без специальной физической подготовки, пациент выполняет субмаксимальный уровень нагрузки, соответствующий его возрасту, полу, весу за 9мин., толерантность можно считать высокой. Если такой же пациент выполняет максимальный тест за 9-12 мин, толерантность очень высокая. У таких пациентов либо отсутствуют заболевания сердца, либо их вероятность сведена к минимуму (при наличии ангинозных болей в анамнезе не исключается стенокардия «высоких напряжений» или вариантная стенокардия).

Для ориентировочного определения толерантности к физической нагрузке у нетренированных лиц, без учета веса и роста, можно использовать следующую таблицу:

Толерантность	Мужчины	Женщины
Высокая	$\geq 150 \text{ w}$	$>125\text{w}$
Средняя	$\geq 100\text{w}- 149 \text{ w}$	$\geq 80\text{w}-< 125 \text{ w}$
Низкая	$50\text{w}-<100 \text{ w}$	$50 \text{ w} - < 80 \text{ w}$

Представление о должной толерантности к физической нагрузке по мощности, которую нужно достигнуть, при выполнении субмаксимальных тестов дает таблица Шефарда (1969), рассчитанная с учетом пола, возраста, веса обследуемых и максимального потребления кислорода.

Мужчины

Возраст	50кг.	60кг.	70кг.	80кг.	90кг.	100кг.
20-29 лет	110w	140w	160w	180w	210w	240w
30-39 лет	100w	120w	150w	170w	190w	220w
40-49 лет	90w	110w	130w	150w	170w	210w
50-59 лет	70w	90w	110w	120w	140w	150w

Женщины

Возраст	50кг.	60кг.	70кг.	80кг.	90кг.
20-29 лет	100w	120w	140w	160w	180w
30-39 лет	90w	110w	130w	150w	170w
40-49 лет	80w	100w	120w	140w	160w
50-59 лет	60w	80w	90w	100w	120w

В соответствии с таблицей, толерантность к физической нагрузке связана: а) обратно пропорционально с возрастом, т.е. уменьшается с увеличением возраста б) прямо пропорционально с весом, т.е. увеличивается с увеличением веса; у лиц с увеличенным весом за счет мышечной массы эта зависимость понятна и подтверждается при проведении нагрузочных проб; у лиц с увеличенным весом за счет ожирения, напротив, толерантность к физической нагрузке снижена и, нередко, критерием остановки теста становится одышка и физическая усталость в) с полом, т.е. у мужчин она выше, чем у женщин. Кроме названных факторов существенное влияние на толерантность к физической нагрузке и величину пороговой мощности оказывает уровень физической подготовки здорового и больного человека. Лица одной и той же возрастной группы и пола, имеющие небольшой вес и физически подготовленные, показывают толерантность к физической нагрузке более высокую, чем лица большего веса, но нетренированные. Уровень толерантности к физической нагрузке, выраженный в пороговой мощности последней ступени, будет разным у различных групп пациентов: здоровых нетренированных и тренированных людей, больных ИБС или другими кардиологическими заболеваниями, больных с легочной патологией и т.д.

Оценка гемодинамической реакции на нагрузку

Частота сердечных сокращений. На прирост ЧСС могут влиять многие факторы, кроме линейной связи с величиной выполняемой нагрузки.

Высокая ЧСС во время субмаксимальной пробы или в период восстановления может объясняться нейроциркуляторной дистонией (НЦД), состояниями со сниженным ОЦК, низким периферическим сосудистым сопротивлением, длительным постельным режимом, анемией, ранним постинфарктным периодом, состоянием после АКШ. Волнение, связанное с отсутствием навыков работы на велоэргометре, особенно у лиц с избыточным весом, также способствует неадекватно быстрому приросту ЧСС. Пациенты с повышенным тонусом *n.simpaticus* (т.е. "симпатотоники") *быстро* достигают намеченной ЧСС при нагрузке малой мощности, а хронотропный и инотропный резервы близки к контрольным значениям. Но иногда неадекватная тахикардия указывает на тяжелое органическое поражение сердца (постмиокардитический кардиосклероз, дилатационная кардиопатия, недиагностированная недостаточность кровообращения).

Неадекватно низкая ЧСС может быть связана с физической тренированностью, лекарственным фоном (β -блокаторы), синдромом слабости синусового узла (СССУ). В таких случаях субмаксимальную ЧСС не удастся достигнуть к концу 3-ей ступени нагрузки, а хронотропный резерв меньше 80 уд./мин. Если пациент достигает субмаксимальную ЧСС к концу 3-й ступени при хронотропном резерве больше 80 и меньше 90 уд./мин. - это нормальная реакция ЧСС на нагрузку; более раннее достижение субмаксимальной ЧСС может быть связано с симпато-адреналовыми реакциями при НЦД или у детренированных людей.

Раннее достижение субмаксимальной ЧСС - один из признаков сниженной толерантности к физической нагрузке. З.Л. Карпман предложил формулы для расчета должной ЧСС.

Мужчины: $(0,1 \times W) + 68 (\pm 15)$ уд/мин.,

где **W**-мощность последней ступени в кгм.

Женщины: $(0,13 \times W) + 81,5 (\pm 15)$ уд/мин.

где **W**-мощность последней ступени в кгм.

Артериальное давление. В ответ на физическую нагрузку систолическое артериальное давление в сравнении с исходным возрастает тем больше, чем выше мощность выполняемой в данный момент нагрузки, диастолическое давление в сравнении с исходным изменяется в пределах ± 10 мм.рт.ст. Давление крови во время пробы зависит от МОК и периферического сосудистого сопротивления. Систолическое давление на максимальном усилии рассматривается как приближенное значение инотропной функции сердца, т.е. его сократимости. Адекватным считается прирост систолического давления на субмаксимальную нагрузку не менее чем на 70-75 мм. рт.ст. Низкий прирост (на 20-30 мм. рт.ст.) может быть связан с затрудненным оттоком через аортальный клапан, с левожелудочковой недостаточностью или с ишемической дисфункцией миокарда. Быстрое повышение артериального давления, неадекватное мощности выполняемой нагрузки, характерно для лиц с исходной гипертензией.

Снижение до исходного уровня или нормализация высокого АД обычно должна происходить к 5-6-ой минуте отдыха. Постинфарктная гипотония на нагрузку считается плохим прогностическим признаком, особенно при падении давления ниже исходного уровня. N.L. Jones, основываясь на том, что систолическое АД при нагрузке у здоровых возрастает пропорционально увеличению мощности, предложил формулу для расчета должного систолического АД в мм.рт.ст.:

$$\text{АД s должн} = 120 \pm 0,08 \times \text{ПМ},$$

где **ПМ** - пороговая мощность, т.е. мощность последней ступени нагрузки в кгм./мин.

Учитывая изменения АД, как систолического, так и диастолического, величины хронотропного резерва (прирост ЧСС) выделяют 4 основных гемодинамических типа реакции сердечно-сосудистой системы на нагрузку.

- 1. Нормотонический тип:** прирост АД систолического на 70 - 75 мм.рт.ст., сниженное или остающееся на исходном уровне АД диастолическое, прирост ЧСС на 85-90 ударов. Считается адекватным повышение систолического АД при выполнении нагрузок высокой мощности до 220 мм.рт.ст., и снижение диастолического АД до 40 - 60 мм.рт.ст. Нельзя считать адекватным резкий скачок АД после выполнения первой ступени нагрузки, даже если на максимальной нагрузке оно не превышало 220 мм.рт.ст. Отклонением от нормы является замедленное снижение АД в посленагрузочном периоде. У здоровых людей исходные показатели ЧСС и АД должны восстановиться к 5-6-ой минуте отдыха.
- 2. Гипертонический тип:** прирост АД систолического более чем на 70 мм.рт.ст., нередко систолическое давление превышает 220 мм.рт.ст., особенно при выполнении нагрузок низкой и средней мощности. Повышение диастолического давления выше исходного уровня на 10-20мм рт.ст. или в абсолютных цифрах больше 95мм.рт.ст., повышение ЧСС обычное. Зачастую больные с артериальной гипертензией начинают пробу с повышенными исходными цифрами систолического и диастолического давления, так как оно для них является "рабочим". Как правило, прирост АД у этих пациентов меньше, чем 70 мм.рт.ст., но реакцию АД все же следует считать гипертоническим типом. Для установления гипертонического типа решающее значение имеет превышение на максимуме нагрузки систолического давления 220 мм.рт.ст., а диастолического - 95 мм.рт.ст., при этом пациент выполняет нагрузку низкой или средней мощности. Для мужчин это нагрузка менее 150 вт, для женщин - 120-125 ватт.
- 3. Гипотонический тип:** прирост АД систолического менее чем на 60 мм.рт.ст., возрастание, снижение или стабильное АД диастолическое; прирост пульсового АД меньше 15% от исходного АД; прирост ЧСС выше адекватного. К гипотоническому типу можно отнести случаи, когда АД систолическое на максимуме нагрузки не повышается более 130 мм.рт.ст. у женщин, а у мужчин - более 150 мм., при условии выполнения ими нагрузки средней и высокой мощности. Гипотоническая реакция АД встречается при ранних ВЭМ на фоне терапии б-блокаторами и ингибиторами АПФ, а также в случаях низкой сократительной способности миокарда на фоне постмиокардитического или постинфарктного кардиосклероза, осложненного аневризмой одной из стенок левого желудочка. Гипотонический тип характерен для

детренированных лиц, для пациентов с нейроциркуляторной дистонией по гипотоническому типу.

4. **Дистонический тип:** ведущий признак - большое пульсовое давление. Прирост АД систолического, характерный для гипертонического типа, с достижением цифр 220-230 мм.рт.ст. и значительное снижение диастолического давления, ниже 40 мм.рт.ст., иногда до нулевого значения - « феномен бесконечного тона». Восстановительный период замедлен. Дистонический тип часто встречается у спортсменов, особенно при наличии у них каких-либо функциональных отклонений, либо при перетренированности. Дистонический тип реакции АД характерен для нетренированных пациентов юного возраста (14 - 25 лет). Уровень АД систолического у нетренированных пациентов не достигает высоких показателей, тогда как у спортсменов он часто бывает очень высоким — до 250 мм.рт.ст.
5. В случаях, когда изменения А/Д во время пробы нельзя считать адекватными, но вместе с тем цифры АД не укладываются в какой-либо конкретный тип, следует отказаться от попытки его классифицировать и указать в заключении: "**Тип реакции АД на нагрузку определить не удается**". Подобные варианты нередки в случаях нагрузочных проб с низкой и очень низкой пороговой мощностью (25 - 75 Вт). Низкая пороговая мощность может быть обусловлена тяжелым функциональным классом стенокардии напряжения, остановкой пробы из-за серьезных нарушений ритма и / или проводимости, проведением теста у нетренированных пациентов, особенно женщин среднего и старшего возраста, или у гиперреакторов.

Варианты заключений по протоколу ВЭМ у больных ИБС

I. Тест положительный:

- ангинозный приступ или его эквивалент;
- ишемическая кодируемая, т.е. достоверная, характерная для ИБС, депрессия сегмента ST без ангинозной боли;
- ангинозный приступ + кодируемая депрессия сегмента ST;
- у женщин тест считается положительным при сочетании ангинозной боли и депрессии сегмента ST в двух- трех отведениях ЭКГ на 1,5 - 2мм на фоне низкой или средней толерантности к физической нагрузке; жесткие критерии оценки теста у женщин повышают его специфичность и уменьшают количество ложно-положительных тестов; учитывается депрессия ST, возникшая на высоте нагрузки и сохранявшаяся в первые минуты восстановительного периода.

II. Тест отрицательный: достижение намеченной (субмаксимальной, максимальной) ЧСС. без ангинозной боли и ЭКГ - признаков транзиторной ишемии миокарда.

III. Тест неполный: пациент не смог достичь субмаксимальной ЧСС, так как тест был прекращен по причинам, не связанным с ангинозной болью или смещением сегмента ST.

IV. Тест сомнительный: возможность употребления такого заключения до сих пор четко не оговорена, многие авторы трактуют его по разному. Сомнительные тесты по Д.М. Аронову и В.П. Лупанову:

- прекращение нагрузки вследствие ангинозной или атипичной боли в груди без ишемических смещений сегмента ST при выполнении диагностического теста на ИБС, не подтвержденную ранее на коронарографии;
- пробы, прекращенные вследствие появления нарушений ритма и проводимости;
- пробы, прекращенные вследствие снижения систолического АД при нарастании мощности нагрузки при условии отсутствия рубцовых изменений на ЭКГ;
- пробы с депрессией ST-сегмента не более 0,5 мм., т.е. неcodируемой депрессией. В случае, если врач использует такую формулировку, он должен указать дальнейшую тактику обследования больного: повторить субмаксимальную пробу, начав с другой мощности первой ступени; провести максимальный тест; провести ЧПЭС (ишемический тест); провести эхостресстест.

У 10% обследуемых с факторами риска ИБС, но без клиники стенокардии, выявляются бессимптомные "ишемические" изменения ЭКГ во время ВЭМ. Примерно у 5% больных ИБС отмечается снижение систолического АД при нарастании мощности нагрузки и при отсутствии ишемической депрессии ST-сегмента. Падение АД у данной категории лиц связывают с диффузной ишемией миокарда и снижением его сократительной способности при увеличении мощности нагрузки. Указанные группы пациентов должны направляться на эхостресс-кардиографию или сцинтиграфию миокарда с нагрузкой.

Диагностическое значение велоэргометрии.

Выявляемые ЭКГ-признаки	Выявляемые клинические признаки	Вероятность наличия ИБС
Кодируемая депрессия сегмента ST ≥ 1 мм	Без ангинозной боли	70%
Кодируемая депрессия сегмента ST ≥ 1 мм	С ангинозной болью	90%
Кодируемая депрессия сегмента ST ≥ 2 мм	Без ангинозной боли	90%
Кодируемая депрессия сегмента ST ≥ 2 мм	С ангинозной болью	100%
Кодируемая депрессия сегмента ST на 1-2мм	Достигнутая ЧСС.<120уд/мин.	100% с 3-х сосудистым поражением
Продолжительность депрессии сегмента ST до 5-6 мин. в периоде восстановления	Достигнутая ЧСС не более 120уд/мин	100% с 3-х сосудистым поражением;
Кодируемая депрессия сегмента ST ≥ 1 мм в 3-х отведениях	Низкая пороговая мощность ≤ 75 W	100% с 3-х сосудистым поражением
Кодируемая депрессия сегмента ST отсутствует	Снижение систолического АД при нарастании мощности нагрузки на 10-20 мм.рт.ст.	80%

Чувствительность, специфичность и прогностическая ценность ВЭМ.

Любой неинвазивный диагностический тест не может быть абсолютно достоверным, так как при его проведении и анализе врачом вносится известная доля субъективизма. Для окончательной верификации диагноза ИБС используется коронароангиография (КАГ). Методика инвазивна, и не применяется так широко, как ВЭМ, в диагностике ИБС. Но, исходя из исследований большого количества больных, которым были проведены обе эти методики, можно конкретизировать понятия "**чувствительности**" и "**специфичности**" ВЭМ. Цифры чувствительности и специфичности помогают определить, насколько хорошо ВЭМ - тест может дифференцировать больных коронарным атеросклерозом и здоровых людей.

Чувствительность определяется процентом истинно положительных тестов среди больных коронарным атеросклерозом, подтвержденным КАГ.

Специфичность определяется процентом истинно отрицательных тестов среди здоровых лиц с неповрежденными коронарными артериями, что подтверждено КАГ.

Положительная прогностическая ценность пробы указывает на вероятность ИБС у лиц с положительным результатом пробы. Положительная прогностическая ценность пробы обратно пропорционально связана с количеством ложноположительных тестов, чем меньше ложноположительных тестов, тем выше прогностическая ценность пробы в отношении ИБС.

Отрицательная прогностическая ценность пробы указывает на вероятность отсутствия ИБС у лиц с отрицательным результатом пробы. Чем меньше ложноотрицательных результатов, тем выше отрицательная прогностическая ценность теста в отношении отсутствия ИБС.

$$\text{Чувствительность в \%} = \frac{\text{истинно положительные пробы}}{\text{истинно положительные} + \text{ложноотрицательные пробы}} \times 100\%$$

(У больных с подтвержденным на КАГ поражением артерий).

Отечественные авторы (Липовецкий Б. М.1985) дают значение чувствительности ВЭМ = 62%, по данным американской ассоциации сердца (1990) = 66 %. Причем, при поражении 1 сосуда чувствительность = 40 %, при поражении 3-х = 90 %, Чувствительность ВЭМ тесно связана с контингентом обследуемых больных: мужчины или женщины, их возраст, имеются или отсутствуют ангинозные боли при физическом или эмоциональном напряжении, имеются или отсутствуют факторы риска ИБС.

Существует понятие о «предтестовой вероятности ИБС», которое складывается из анализа указанных выше признаков. Например, лица мужского пола в возрасте старше 35 лет с факторами риска ИБС и ангинозной болью в грудной клетке, провоцируемой физической или эмоциональной нагрузкой имеют высокую предтестовую вероятность ИБС и чувствительность пробы у таких лиц будет выше, чем у мужчин того же возраста с отдельными факторами риска ИБС, но без жалоб на здоровье. В популяционных исследованиях чувствительность тестов всегда ниже, чем в специализированных кардиологических учреждениях (отделениях), для госпитализации в которые проводится

клинический отбор больных. Для повышения чувствительности ВЭМ используются максимальные нагрузки, которые увеличивают чувствительность метода до 92 %.

$$\text{Специфичность в \%} = \frac{\text{истинно отрицательные пробы}}{\text{истинно отрицательные} + \text{ложноположительные пробы}} \times 100\%$$

(У больных с отсутствующим на КАГ поражением артерий).

По данным различных кардиологических центров специфичность колеблется от 84 % до 89 %. Специфичность тестов также во многом зависит от состава обследуемых больных: при наличии в группах обследуемых большого количества лиц с артериальной гипертензией (особенно женщин), нейроциркуляторной дистонией, анемией, пролабированием митрального клапана специфичность снижается из-за частых ложноположительных результатов.

$$\text{Положит. прогност. ценность в \%} = \frac{\text{истинно положительные пробы}}{\text{истинно положит.} + \text{ложноположительные пробы}} \times 100\%$$

$$\text{Отрицат. прогност. ценность в \%} = \frac{\text{истинно отрицательные пробы}}{\text{истинно отрицат.} + \text{ложноотрицательные пробы}} \times 100\%$$

Ложноположительные **пробы**: это наличие на ЭКГ признаков ишемии миокарда у лиц с нормальным состоянием коронарного русла по данным КАГ (чаще у женщин).

Возможные причины ложноположительных тестов:

1. Прием хинидина, препаратов дигиталиса, резерпина, b-блокаторов, седативных средств, кордарона, преднизолона.
2. Нарушение электролитного обмена на фоне приема диуретиков с развитием гипокалиемии.
3. Гормональные нарушения, прием эстрогенов, симпатикотония.
4. Гипоксическое состояние (заболевания легких, анемия)
5. Гипервентиляция.
6. Пороки сердца, пролабирование митрального и трикуспидального клапанов.
7. Гипертрофия левого желудочка любого генеза.
8. Курение, прием крепкого чая, кофе за 1- 1,5 часа до проведения теста
9. Феномен WPW, CLC, блокады ножек пучка Гиса.
10. Наличие НЦД, особенно у женщин.
11. Субъективная оценка врачом - исследователем болевого синдрома, как ангинозного приступа, в том случае, когда он не сопровождается ишемическими изменениями ЭКГ.

На количество ложноположительных результатов нагрузочных проб влияет возраст и наличие факторов риска ИБС. Так, у лиц моложе 40 лет ложноположительные тесты встречаются до 20% случаев, а у лиц старше 60 лет менее чем в 10%.

Ложноотрицательные пробы: это отсутствие ишемических изменений ЭКГ у больных с верифицированным диагнозом ИБС. Возможные причины ложноотрицательных тестов:

1. Недостаточная мощность нагрузки.
2. Невыраженное поражение сосудов, чаще поражение 1 коронарной артерии, особенно у физически подготовленных лиц.
3. Искажение процессов реполяризации на ЭКГ рубцами, гипертрофией левого желудочка, блокадами ножек пучка Гиса, феноменом WPW.
4. Возникновение транзиторной ишемии миокарда одновременно на противоположных стенках левого желудочка, приводящее к псевдонормализации ЭКГ.
5. Хорошее развитие коллатералей.

Максимальные тесты.

Максимальная нагрузочная проба проводится с целью:

1. Выявления ранних признаков ИБС у лиц с факторами риска и/или атипичным болевым синдромом.
2. Выявления стенокардии "высоких напряжений", например, при однососудистом поражении у физически подготовленных лиц.
3. Уточнения уровня работоспособности у здоровых людей: спортсмены, военнослужащие, медицинский отбор в профессии, связанные с большими физическими нагрузками.

Величина максимальной чсс в различных возрастных группах (R. Shephard 1969г.)

Возраст	Максимальная чсс (уд./мин.)	
	Мужчины	Женщины
20 - 29 лет	195	198
30-39 лет	187	189
40 - 49 лет	178	179
50 - 59 лет	170	171

Отбор пациентов:

1. Лица в хорошей физической форме, с болевыми приступами, возникающими при высокой физической нагрузке, похожими на стенокардию, при этом субмаксимальный тест отрицателен.
2. Пациенты, с подозрением на вазоспастическую стенокардию.
3. Пациенты с кардиалгиями, неспецифическими изменениями на ЭКГ, неcodируемыми депрессиями ST-сегмента во время субмаксимального теста.

4 Бессимптомные лица с факторами риска ИБС, в том числе с гиперлипидемией, выполнившие субмаксимальный тест с отрицательным результатом.

Противопоказания к проведению максимального теста:

1. Клинические признаки стенокардии напряжения II-III функционального класса.
2. Постинфарктный кардиосклероз с рубцовыми изменениями по ЭКГ.
3. Сниженная толерантность к физическим нагрузкам, менее 125 W, по данным субмаксимального теста.
4. Наклонность к коллапсам и обморокам.
5. Нарушения ритма и проводимости, кроме вариантов с единичной экстрасистолией и AV блокадой I степени ваготонического происхождения.
6. Тромбофлебит, варикозное расширение вен и ТЭЛА в анамнезе.
7. Перенесенный ОНМК, или неоднократные динамические нарушения мозгового кровообращения в анамнезе.
8. Миопия высокой степени, угрожающая отслойка сетчатки глаза, свежие кровоизлияния на глазном дне.
9. Возраст старше 60 лет.

После максимальной пробы нельзя резко прекращать вращение педалей, следует уменьшить нагрузку до 50 - 75W, и продолжать ее в течение 1- 3 минут

Критерии прекращения теста:

1. Кодированной, т.е. достоверной для ИБС, считается депрессия сегмента ST ≥ 2 мм при горизонтальном, косонисходящем и провисающем типах и 3,5 мм в точке j при косовосходящем типе с локализацией точки « i » на 2мм ниже изолинии ч/з 0,06 сек.
2. Подъем сегмента ST > 2 мм во всех отведениях, кроме отведений V1 и aVR.
3. Типичный ангинозный приступ в сочетании с ишемическими изменениями ЭКГ или без них.
4. Желудочковая экстрасистолия, начиная с 3-ей градации по Лауну.
5. Повышение А/Д $> 250/130$ мм.рт.ст.
6. Снижение А/Д на 10мм.рт.ст. ниже цифр предыдущей ступени или отсутствие его прироста, начиная с 3-й ступени нагрузки.
7. Появление головокружения, головной боли, потеря равновесия.
8. Боли в икроножных мышцах по типу перемежающейся хромоты.
9. Тяжелая одышка или удушье.
10. Выраженное утомление (10-я градация по шкале Борга).

Варианты ишемических смещений сегмента ST при пробах с физической нагрузкой



Рис.1 Горизонтальная депрессия сегмента ST при субэндокардиальной ишемии миокарда.



Рис.2 Провисающая (корытообразная) депрессия сегмента ST при субэндокардиальной ишемии миокарда.

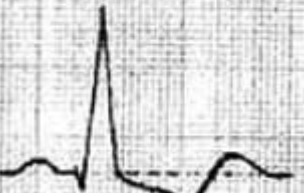


Рис.3 Косонисходящая депрессия сегмента ST при субэндокардиальной ишемии.

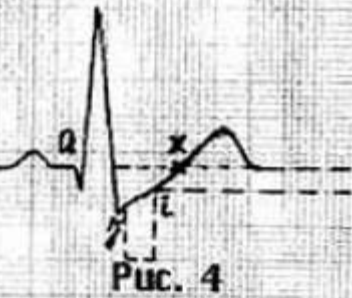


Рис.4 Косовосходящая депрессия сегмента ST, связанная с субэндокардиальной ишемией. X-точка пересечения сегмента ST с изолинией. I-точка ишемии, отстоящая от точки J на 0,06 с при ЧСС >140уд/мин. и на 0,08 с при ЧСС < 140уд/мин.

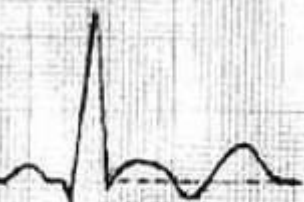


Рис.5 Подъем сегмента ST, связанный с субэпикардиальной ишемией при нестабильной стенокардии.

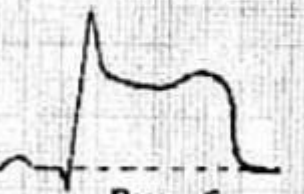


Рис.6 Выраженный подъем сегмента ST, связанный с трансмуральной ишемией при спазме коронарной артерии, спровоцированном физической нагрузкой.

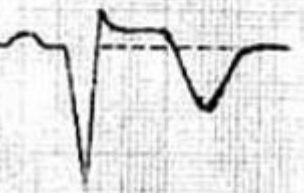


Рис.7 Подъем сегмента ST над зоной рубца, связанный с асинергией миокарда.

ПРОТОКОЛ ВЕЛОЭРГОМЕТРИИ

Вид пробы:

1. Максимальный тест
2. Субмаксимальный тест
3. Ранняя ВЭМ при ОИМ
4. Парная ВЭМ
5. Контроль класса физич. реабилитации

Цель пробы:

1. Диагностика ИБС
2. Определение толерантности к физ. нагрузке
3. Определение типа гемодинамики
4. Провокация нарушений ритма
5. Подбор антиангинальной терапии
6. Оценка прогноза в раннем постинф. периоде

Ф.И.О. больного
отделение _____

возраст рост вес

Особенности теста:

без препаратов; препараты: нитраты, b-блокаторы, антагонисты кальция, кордарон, сердечные гликозиды, мочегонные. Дата отмены _____

Исходное состояние Мощность нагрузки (W)	ч.с.с.	АД	Болевой синдром		Изменения сегмента ST	Нарушения ритма, проводимости		
			Ангиноз ный	Атипичный				
25	Исходное							
	Нагруз.							
50	Исходное							
	Нагруз.							
75	Исходное							
	Нагруз.							
100	Исходное							
	Нагруз.							
125	Исходное							
	Нагруз.							
150	Исходное							
	Нагруз.							
175	Исходное							
	Нагруз.							
200	Исходное							
	Нагруз.							
Должная субмаксимальная Ч.С.С.	Достигнутая Ч.С.С.	Хроно-тропный резерв (уд/мин)	Инотропный резерв мм.рт.ст	Двойное произведение (усл.ед.)	Должная пороговая мощность (W)	Продолжительность депрессии (подъема) ST	Достигнутая порогов. мощн (W)	МЕТ-эквивалент

Критерии оценки боли: (+) - нарастание в течение 1 мин.; (++) - прекращение после окончания нагрузки;
(+++)- купирование нитроглицерином (++++)- купирование анальгетиками.

1. Причины прекращения пробы _____

2. Тест: положительный, отрицательный, сомнительный, неполный.

3. Функциональный класс у больных ИБС:

4. Толерантность к физической нагрузке: низкая, средняя, высокая

5. Тип гемодинамики: нормотонический, гипертонический, гипотонический, дистонический.

6. Рекомендации: _____

_____ 2003г.

Фамилия врача:

Индекс физической активности Дюка

Вид физической активности	Индекс
1. Самообслуживание (помыться* покушать» одеться)	2/75
2. Передвижение по дому	1,75
3. Передвижение по ровному месту (1-2 квартала)	2,75
4. Подъем на 1 этаж лестницы или подъем в гору	5*5
5. Пробежка на короткую дистанцию	8,0
6. Выполнение легкой домашней работы (приготовление еды мытье ПОСУДЫ вытирание пыли)	2,7
7. Выполнение более тяжелой домашней работы (подмести пол или работа с пылесосом)	3,5
8. Выполнение тяжелой домашней работы (мыть пол* делать ремонт, передвигать мебель)	8,0
9. Нетяжелая работа в саду (прополка, уборка листьев и веток)	4,5
10. Секс	5,25
11. Танцы, теннис	6,0
12. Более интенсивные нагрузки: плавание, футбол, баскетбол	7,5
Итого:	58,2

Индекс физической активности Дюка равен сумме утвердительных ответов из заданных 12-ти пунктов. МПК в мл/кг/мин, рассчитывается по формуле: $МПК = (0,43 \times ИД) + 9,6$, где ИД- индекс Дюка.

Например, мужчина 40 лет весом 80кг. утвердительно ответил на все 12 пунктов, т.е. ИД=58,2
 $МПК = (0,43 \times 58,2) + 9,6 = 34,62 \text{ мл/кг/мин}$.

Переводим МПК в МЕТы: $34,62 \text{ мл/кг/мин} : 3,5 \text{ мл/кг (т.е. 1МЕТ)} = 9,89 \text{ МЕТ}$

Следовательно, данный пациент способен выполнить нагрузку энергетической стоимостью 9,89 МЕТ. Переводим МЕТы в ватты для определения пороговой мощности (ПМ) нагрузки по формуле:

$ПМ = \{(МЕТы \times P) - 90\} : 3,44$, где P - Вес в кг. $ПМ = \{(9,89 \text{ МЕТ} \times 80\text{кг}) - 90\} : 3,44 = 203 \text{ ватта}$. Для определения мощности I ступени 203 ватта делим на 3, (т.е. 3 ступени нагрузки) и получаем мощность I ступени=68 ватт; если разделить на 4 ступени, то мощность первой ступени =50 ватт. У пациентов с ожирением в качестве веса правильнее использовать не фактический вес, а предположительную мышечную массу, вычисляемую по формуле:

Для мужчин = $V + 0,41 \times (V1 - V)$, где V- 110% должной массы тела при данном росте в кг.

V1- фактический вес пациента

Для женщин = $V + 0,25 \times (V1 - V)$.

Корреляция индекса Дюка с максимальным потреблением кислорода по данным независимых исследований - 0,58-0,62.

Для определения МПК в МЕТ-эквивалентах при выполненном велоэргометрическом тесте без использования индекса Дюка применима формула, заложенная в стресс-тест-систему фирмы «Сименс»: $МЕТы = 90 + (3,44 \times ПМ) : P$, где ПМ - пороговая мощность в ваттах, P- вес в кг.

Оценка физической работоспособности по достигнутой пороговой мощности (ПМ) (В Л Карпман и сотр.)

Возраст	Физическая работоспособность по величине достигнутой ПМ в ваттах (мужчины)				
	Низкая	Ниже средней	Средняя	Выше средней	Высокая
20-29	≤116	117-141	142-191	192-216	≥217
30-39	≤99	100-124	125-174	175-199	≥200
40-49	≤83	84-107	108-157	158-182	≥183
50-59	≤66	67-91	92-141	142-166	≥167
Возраст	Физическая работоспособность по величине достигнутой ИМ в ваттах (женщины)				
	Низкая	Ниже средней	Средняя	Выше средней	Высокая
20-29	≤74	75-91	92-124	125-141	≥142
30-39	≤66	67-83	84-116	117-132	≥133
40-49	≤49	50-66	67-99	100-116	≥117
50-59	≤33	34-49	50-83	84-99	≥100

Расчет МПК по формуле В.Л. Карпмана

МПК в мл/мин = $(1,7 \times W \times 6) + 1240$, где W - пороговая мощность в ваттах.

МПК в мл/кг/мин = $\{(1,7 \times W \times 6) + 1240\} : P$, где P - вес в кг.

МПК в МЕтах = МПК в мл/кг/мин.: 3,5мл/кг = кол-во МЕТ.

Оценка физической работоспособности по процентному соотношению фактического и должного МПК

Возраст Мужчины	Очень низкая работоспособность	Низкая работоспособность	Средняя работоспособность	Высокая работоспособность
20-29	< 69%	69-77%	77-92%	92-100%
30-39	< 67%	67-76%	76-92%	92-100%
40-49	< 64%	64-73%	73-91%	91-100%
50-59	< 61%	61-71%	71-90%	90-100%
60-69	< 57%	57-68%	68-89%	89-100%
Возраст Женщины				
20-29	< 60%	60-71%	71-89%	89-100%
30-39	< 59%	59-70%	70-88%	88-100%
40-49	< 57%	57-69%	69-88%	88-100%
50-59	< 54%	54-66%	66-87%	87-100%

Расчет пороговой мощности (ПМ) по В.Л. Карпмау при субмаксимальном тесте.

Женщины. $ПМ=45,6+(1,93 \times P) - (1,45 \times B)$, где P- вес, B - возраст

Мужчины. $ПМ=73+ (2,15 \times P) - (2,12 \times B)$.

Величину ПМ делят на 3 (т.е. 3 ступени нагрузки) и получают значение I ступени в ваттах. (Из рекомендаций АСС/АНА (1999г.)

Среднее значение МПК в MET-эквивалентах у лиц без кардиологических заболеваний в зависимости от возраста

Возраст	Мужчины	Женщины
20- 29 лет	12-14 MET	10-12 MET
30- 39 лет	12-14 MET	10-11 MET
40 - 49 лет	11-13 MET	9-10 MET
50 - 59 лет	10-12MET	8 - 9 MET
60 - 69 лет	9-11 MET	7-8 MET
70 - 79 лет	8-10 MET	6- 7 MET

Примерный расход энергии в МЕТах при проведении ВЭМ в зависимости от веса
(Из рекомендаций АСС/АНА 1999 г.)

Мужчины

Вес (кг)	Выполненная мощность, W						
	50	75	100	125	150	175	200
	Расход энергии в METs,						
45	6,0	7,5	9,3	11,5	13,1	15,0	16,7
50	5,1	6,9	8,6	10,3	12,0	13,7	15,4
55	4,8	6,2	7,9	9,9	11,0	12,6	14,1
60	4,3	5,7	7,1	8,6	10,0	11,4	12,9
65	4,1	5,3	6,6	7,9	9,3	10,6	11,9
70	3,7	4,9	6,1	7,3	8,6	9,8	11,0
75	3,5	4,6	5,8	6,8	8,1	9,2	10,3
80	3,2	4,3	5,4	6,4	7,5	8,6	9,6
85	3,0	4,0	5,1	6,1	7,1	8,1	9,1
90	2,9	3,8	4,8	5,7	6,7	7,6	8,6
100	2,6	3,4	4,3	5,1	6,0	6,9	7,7

Женщины

Вес (кг)	Выполненная мощность, W						
	50	75	100	125	150	175	200
	Расход энергии в METs,						
45	4,7	5,5	6,2	6,8	7,4	8,1	-
50	4,4	5,1	5,9	6,3	6,7	7,1	-
55	4,2	4,8	5,5	5,9	6,3	6,7	-
60	4,0	4,6	5,1	5,6	6,1	6,5	-
65	3,8	4,3	4,9	5,3	5,7	6,2	-
70	3,6	4,1	4,5	5,0	5,4	5,8	-
75	3,4	3,9	4,3	4,8	5,2	5,6	-
80	3,2	3,7	4,1	4,6	5,0	5,3	-
85	3,1	3,5	3,9	4,3	4,7	5,0	-
90	3,0	3,4	3,8	4,0	4,2	4,5	-
100	2,9	3,3	3,6	3,8	4,0	4,2	-

Формула расчета МПК в MET- эквивалентах при проведении ВЭМ:

$$\text{МПК} = 90 + (3,44 \times \text{ПМ}) : \text{В},$$

Где **ПМ** - пороговая мощность в ваттах, **В** - вес в кг.